

PROCEDIMIENTO PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS 3D PARAMÉTRICOS A PARTIR DE MALLAS OBTENIDAS POR RELEVAMIENTO CON LÁSER ESCÁNER

Lopresti, Laura A.; Lara, Marianela; Gavino, Sergio; Fuertes, Laura L.; Defranco, Gabriel H.

Unidad de Investigación, Desarrollo y Transferencia - Grupo de Ingeniería Gráfica Aplicada
UIDET GIGA - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Plata
AV. 1 y 47 1900 - La Plata, Argentina – laura.lopresti@ing.unlp.edu.ar

Resumen:

El presente trabajo de investigación plantea un procedimiento para la obtención de modelos 3D digitales paramétricos a partir de modelos reales relevados con láser escáner 3D.

Esta aplicación, en casos de Ingeniería Inversa, complementa el relevamiento láser con la concepción paramétrica del CAD, permitiendo arribar a resultados de mayor eficacia si se los compara con los modelos de malla que se obtienen por escaneo láser básico.

En el ámbito industrial estos modelos pueden ser utilizados como maquetas virtuales de análisis, para el rediseño de repuestos y como punto de partida para el diseño de piezas y de conjuntos, entre otros usos.

Esta línea de trabajo forma parte del Proyecto de Investigación: “Técnicas de relevamiento no convencionales para la representación gráfica de naturaleza técnica. Aplicaciones en el campo de la ingeniería inversa, el diseño industrial y la conservación de patrimonio (Parte II)”, acreditado por el Programa Nacional de Incentivos, para el período 2014-2017.

Por otra parte, los resultados tienen aplicación en la enseñanza del dibujo de ingeniería como insumo para la creación de alternativas morfológicas parametrizadas y su utilidad didáctica es dentro de los cursos donde se enseña dibujo técnico y procesos proyectuales de diseño.

El trabajo reseña tanto el procedimiento utilizado para la generación de un modelo paramétrico a partir del escaneo de una pieza mecánica como los ejemplos de aplicación de este procedimiento en otras piezas mecánicas con morfologías diversas.

Palabras claves:

Modelo 3D - Modelos paramétricos - Láser escáner - Ingeniería inversa

1.- INTRODUCCIÓN

Los modelos obtenidos por relevamiento fotogramétrico o por medio de láser escáner, nube de puntos o modelos poligonales, se utilizan en la actualidad como productos finales y su uso se centra, principalmente, en la visualización y en la posibilidad de realizar mediciones básicas. Cuando se trata del relevamiento de piezas mecánicas es conveniente trabajar con modelos paramétricos y éstos no se obtienen directamente del relevamiento sino que necesitan de un tratamiento posterior.

En la representación paramétrica el modelo se describe mediante un grupo de parámetros geométricos: altura, longitud, radio, etc. Por ejemplo, un cilindro se describe por el largo de su eje y su radio. En cambio, los modelos poligonales utilizan una malla triangular cuyos vértices son los puntos relevados. Modificar un modelo paramétrico es relativamente sencillo respecto del tratamiento que necesita una malla.

Si se comparan ambos modelos el paramétrico tiene menor peso (bytes). Es más ligero y mucho más editable. Esto además permite que el modelo tenga mayores detalles formales. Es versátil, manejable y modificable por diferentes tipos de usuarios con diferentes propósitos: diseño, planificación, almacenamiento y catalogación de información, visualización, etc.

En la literatura existen varios procedimientos para la transformación de un modelo de malla (o de nube de puntos) en un modelo paramétrico, pero son desarrollados en el ámbito de la arquitectura y conservación del patrimonio [1] donde las problemáticas de relevamiento y morfológica son diferentes, con menores requerimientos de precisión. Un modelo relevado con láser escáner puede ser reconstruido con software tales como Autodesk Revit [2] o Rhinoceros [3] utilizando como base el modelo obtenido por el relevamiento o creando el modelo paramétrico a partir de detectar características geométricas como curvas pronunciadas, planos, cilindros, etc. que guían el proceso de reconstrucción de la geometría en software de ingeniería inversa como Geomagic Studio, GeomagicDesign X o PlyWorks. En el presente trabajo se analiza y propone un procedimiento para el relevamiento de piezas mecánicas con el equipo David Laserscanner y la posterior obtención de un modelo paramétrico con el software Geomagic Studio. La extrapolación de una geometría paramétrica, sobre la base de un levantamiento con estas técnicas, garantiza un modelo exacto y correspondiente al real [3]. Con estos modelos, una vez parametrizados, se generan variantes morfológicas pensadas en la problemática a enseñar en el dibujo de ingeniería, entre otros usos.

Esta línea de trabajo forma parte del Proyecto de Investigación: "Técnicas de relevamiento no convencionales para la representación gráfica de naturaleza técnica. Aplicaciones en el campo de la ingeniería inversa, el diseño industrial y la conservación de patrimonio (Parte II)", acreditado por el Programa Nacional de Incentivos, para el período 2014-2017.

El equipo de escaneo láser utilizado fue provisto por la Universidad de Salerno en el marco de un continuo trabajo en conjunto.

2.- METODOLOGÍA

2.1 Etapas del método

El trabajo se estructura de la siguiente manera:

- Captura de datos
- Procesamiento de datos
- Generación del modelo paramétrico
 - Ajuste dimensional y posicional

- Intercambio paramétrico
- Adecuación del modelo paramétrico

En el desarrollo de estos pasos se han utilizado dos software, uno propietario del equipo láser escáner y otro genérico.

2.2 Equipo de relevamiento

Marca: David Laserscanner

Este equipo está conformado por los siguientes elementos:

- Cámara web Logitech c615 de 2 MP
- Láser de línea roja
- Software DAVID Laserscanner Pro Edition 3
- Paneles de calibración (con target de calibración en cuatro tamaños diferentes) y placa base para el montaje de los paneles de calibración.

2.3 Calibración

La precisión alcanzable está en el orden de 0.5% del tamaño total del objeto y se pueden escanear objetos cuya dimensiones estén comprendidas entre 100 y 400 mm de alto [4].

Antes del escaneo el sistema debe ser calibrado. Esto se hace para que el software, a través de la cámara, reconozca la ubicación de los target.

3.- DESARROLLO

3.1 Captura de datos

Para realizar la captura de datos es conveniente planificar la cantidad de escenas necesarias para lograr cubrir todo el perímetro del modelo a relevar. Para ello se debe considerar que al girar la pieza tiene que haber una superposición de un 60% de información entre una escena y otra para permitir una correcta alineación posterior.

El escaneo se realiza colocando la pieza sobre la placa base lo más cercana posible a la esquina de los paneles de calibración. La pieza debe ocupar una tercera parte de la grilla. El procedimiento de escaneo consiste en hacer pasar el haz de luz horizontal sobre la pieza, de arriba hacia abajo, dos o tres veces, girando el láser (Fig. 1). El movimiento debe ser muy lento, de pocos grados por segundo, de manera que el software pueda ir detectando fotograma a fotograma una posición diferente del haz sin que se produzcan saltos significativos. Es recomendable comenzar el barrido en una posición de 30 grados del eje del láser respecto al eje óptico de la cámara. El sensor de la cámara, el CCD (charge-coupled device), detecta la posición del haz en el espacio y el algoritmo del software lo traduce a coordenadas X, Y y Z.

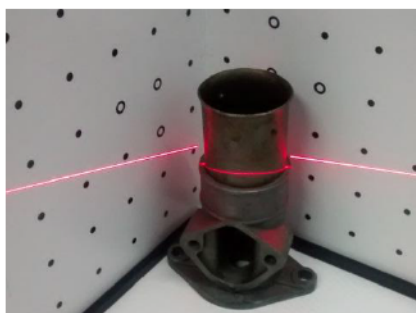


Fig. 1. Haz del láser en el proceso de escaneo

Luego de verificar que los datos recabados son suficientes se gira la pieza y se vuelve a iniciar el ciclo.

En el proceso de captura de datos no solo se capturan los puntos en posición X, Y y Z sino que además se puede tomar una fotografía por cada sesión de escaneo para asignarle la textura al modelo.

3.2 Procesamiento de datos

Cada sesión de escaneo debe ser alineada para formar un único modelo. Antes de alinearlos se realiza la limpieza de la nube de puntos eliminando puntos residuales que no pertenecen al modelo relevado (error producido por el polvo ambiental, reflexión del haz del láser, iluminación inadecuada, etc.). Además se realiza una limpieza de las zonas donde el láser llega tangencialmente porque puede contener información errónea.

La alineación se realiza siguiendo algunos de las siguientes opciones de registro:

Rotación libre: el algoritmo busca la posición entre dos escenas de escaneos que tenga mayor superposición de puntos.

Rotación de eje (X, Y o Z): se da por supuesto que el objeto, entre escena y escena, fue girado alrededor de un eje.

Alineación manual: se busca manualmente puntos homólogos, al menos 3 puntos.

Registro fino: este tipo de registro se puede utilizar complementario a los registros anteriores y permite una alineación fina de las escenas de escaneo [4].

Con todas las escenas alineadas lo que resta es fusionarlas. Para ello se deben considerar los valores de resolución y suavizado. Una mayor resolución permite aproximarse más al modelo real pero genera también muchos triángulos en la malla resultante, mientras que el suavizado permite obtener una malla sin tantos agujeros.

El resultado de este proceso es una malla con un sistema de coordenadas único. Esto genera tres archivos con las siguientes extensiones: OBJ (Wavefront 3D Object File), MTL (Material Template Library) y PNG (textura).

Lo detallado hasta aquí fue realizado en el software propietario. Este mismo procedimiento de limpieza y procesamiento de datos se puede trabajar en un software de tratamiento de malla como lo es Geomagic Studio. En cambio lo que se describe a continuación solo es posible con esa aplicación.

3.3 Generación del modelo paramétrico

El postprocesamiento se ha realizado con Geomagic Studio. Los pasos a seguir en busca de la generación de un modelo paramétrico son:

- Reconocimiento de rasgos,
- Ajuste dimensional y posicional,
- Intercambio paramétrico,
- Adecuación del modelo paramétrico.

A continuación se desarrolla cada paso.

3.3.1 Reconocimientos de rasgos

Esta acción determina zonas de la malla con rasgos y continuidades similares (Fig. 2). Esto puede estar indicando que se trata de una forma primitiva tridimensional. Cuando encuentra que la continuidad cambia y vuelve a cambiar, lo interpreta como zonas de transición o de unión. Este proceso se lleva a cabo de manera automática y se puede manejar la sensibilidad de curvatura y la sensibilidad de las zonas de transición.

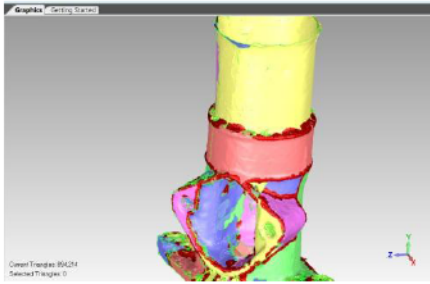


Fig.2. Detección de rasgos

Las zonas identificadas pueden ser parte de una esfera, un cilindro, un cono o un plano. Las zonas de color rojo son las uniones entre partes.

De allí se extraen las formas primitivas tridimensionales. Si este reconocimiento automático no tiene resultados adecuados se realiza el mismo proceso pero de manera manual. Por ejemplo se puede indicar que genere el cilindro que mejor se adapte en una superficie seleccionada. (Fig. 3)

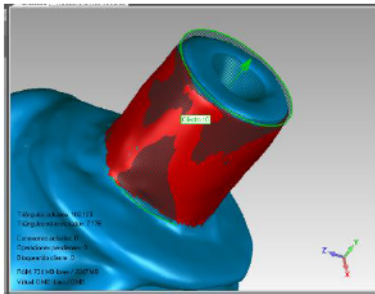


Fig. 3. Crea cilindro adaptado a la zona seleccionada

3.3.2 Ajuste dimensional y posicional

Las dimensiones de estas primitivas pueden ser ajustadas en forma manual. También se puede analizar la tolerancia máxima existente entre primitiva y malla (Fig. 4).

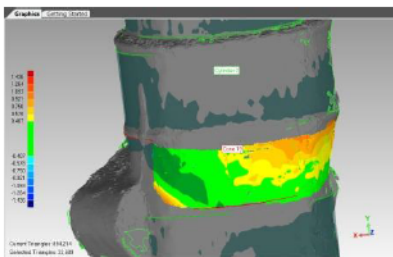


Fig. 4. Desviación existente entre cilindro y malla

3.3.3 Intercambio paramétrico

Una vez obtenidas todas las primitivas reconocibles en la pieza se realiza el intercambio paramétrico. Esto se efectúa a través de un puerto de comunicación virtual entre el software Geomagic Studio y la aplicación paramétrica que para nuestro caso es Autodesk Inventor 2012. Una vez ejecutada esta acción se abre Inventor con las primitivas.

3.3.4 Adecuación del modelo paramétrico

Los modelos pueden ser editados y re-adequarlo a las necesidades. Ésto consiste en la generación de alternativas de la pieza real, generación de planos constructivos o rediseño sobre la base de lo obtenido.

Los modelos paramétricos así obtenidos se postprocesan en un software paramétrico con operaciones booleanas y edición de modelo para obtener un único modelo paramétrico.

Los resultados se comparan con el modelo real tomando algunas dimensiones en los tres ejes coordenados para determinar la precisión.

Los modelos escaneados para esta experiencia son piezas de máquinas usualmente utilizados como modelos didácticos en las prácticas de dibujo a mano alzada o croquizado.

RESULTADOS

Los modelos escaneados para esta experiencia son piezas de máquinas usualmente utilizados como modelos didácticos. A modo de ejemplo presentamos los resultados de dos casos.

Caso A (Fig. 5). Pieza de morfología simple, de revolución. Extracción de los rasgos, obtención del modelo paramétrico base, readecuación del modelo. También se probó la generación del modelo paramétrico extrayendo las curvas generatrices y luego modelando a partir de ellas.

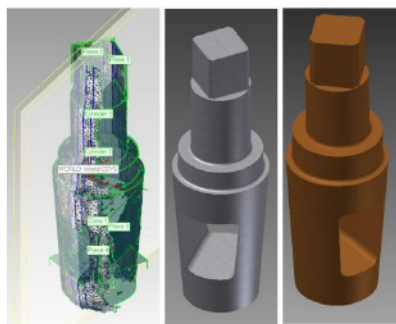


Fig. 5. Resultados de ambos procedimientos

Caso B (Fig. 6): una pieza de morfología compleja. Extracción de los rasgos, obtención del modelo paramétrico base, readecuación del modelo.



Fig.6. Foto de la pieza, trabajo con la malla, modelo paramétrico

CONCLUSIONES

Este procedimiento permite obtener un modelo 3D digital paramétrico. Estos modelos son de fácil edición. La metodología es óptima para piezas donde las formas geométricas básicas son detectables a simple vista. Para piezas con formas orgánicas es más adecuado un procedimiento que opera a través de la extracción de secciones y el tratamiento posterior de estas entidades en software de CAD. Dada su complejidad, merece otro desarrollo.

Se ha alcanzado un modelo de malla con tolerancia -0.3 mm. Esto permite obtener un modelo paramétrico de valores de tolerancias similares. Estos valores de precisión se

consideran muy satisfactorios considerando la utilidad que tienen estos modelos. Una línea de trabajo a seguir, que mejoraría este procedimiento, es la automatización del movimiento del láser escáner. Eso determinaría una superficie más exacta, con mejor continuidad en su malla permitiendo el reconocimiento de formas primitivas relativamente más fácil.

REFERENCIAS

- [1] DORE C., MURPHY M. (2013). Semi-Automatic Modelling of building façades with shape grammars using Historic Building Information Modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W1, 57-64.
- [2] BAIK A., ALITANY A., BOEHM J., ROBSON S. (2014). Jeddah Historical Building Information Modeling "JHBIM"-object library. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. II-5, 41-47.
- [3] FASSI F., ACHILLE C., GAUDIO F., FREGONESE L. (2011). Integrated strategies for the modeling of very large, complex architecture. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-5/W16, 105-112.
- [4] DAVID 3D SolutionsGbR. www.david-3d.com Última consulta: Julio 2014.